

СТАНОВИЩЕ

на дисертационния труд за присъждане на
образователната и научна степен „Доктор“
на

Искрен Славев Иванов

на тема

**„КАРТОГРАФИРАНЕ НА ТЕЖКИ МЕТАЛИ И МИНЕРАЛИ ПО СПЪТНИКОВИ
СПЕКТРОМЕТРИЧНИ ДАННИ В УДАРЕН ЛУНЕН КРАТЕР В БАСЕЙНА АПОЛО“**

Научна специалност:

„Дистанционни изследвания на Земята и планетите“

Научен ръководител: проф. д-р Лъчезар Филчев

Рецензент: проф. д.т.н. д-р физ. инж. Гаро Мардиросян

секция „Дистанционни изследвания и ГИС“ на

Институт за космически изследвания и технологии при БАН (ИКИТ-БАН)

Основание за изготвяне на рецензията

Настоящата рецензия е изготвена в изпълнение на Решение на Научния съвет на ИКИТ-БАН (Протокол № 31/23.09.2025), Заповед № 99/26.09.2025 на Директора на ИКИТ-БАН проф. Георги Желев, Решение на Научното жури (Протокол № 1/14.10.2025) и в съответствие с Чл. 4 на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), чл. 30 от Правилника за неговото прилагане и чл. 6 от Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в БАН и Чл. 4 и Чл. 32 (1) от ЗРАСРБ.

Формална допустимост

От предоставените материали от Искрен Иванов, както и от представените за рецензиране и изготвяне на становища Дисертационен труд и Автореферат е видно, че са удовлетворени формалните изисквания и са налице необходимите условия за допустимост и стартиране на процедурата по публична защита на дисертационния труд. Като докторант на редовна форма на обучение същият има 748 кредита, което значителна надвишава изискуемия минимум от 250 кредита по Кредитната система за обучение на докторанти в БАН.

Кратки биографични данни

Искрен Иванов е роден през 1985 г. Последователно от 2004 до 2011 г. получава квалификации философия и политология от Великотърновския университет "Св. св. Кирил и Методий", а през 2020 г. завършва Бургаския свободен университет с квалификация „Магистър–юрист“. Със Заповед № 64/08.07.2022 на Директора на ИКИТ-БАН, базирана на Протокол № 28/08.07.2022 на Научния съвет е зачислен в редовна докторантура в област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика, Професионално направление 4.4. Науки за Земята, Научна специалност Дистанционни изследвания на Земята и планетите с научен ръководител проф. д-р Лъчезар Филчев. Отчислен е на 01.07.2025 с право на защита със Заповед № 57/26.06.2025 г. на Директора на ИКИТ-БАН, базирана на решение на Научния съвет на ИКИТ-БАН (Протокол № 28/25.06.2025).

Представени материали

Дисертационен труд;

Автореферат.

Представеният дисертационен труд е структуриран като Увод, Материали и методи, Резултати и изводи, заключения и приноси, Приложения, Благодарности и Използвана литература. Общият обем на дисертационния труд е 187 страници, съдържа 26 фигури и библиографска справка от 219 заглавия, всички на латиница, с изключение на 2 броя източника на български език. Полезен при четенето на материала е приложеният Списък на използваните съкращения и символи.

Актуалност на темата

Значителното увеличаване на населението на Земята през последните десетилетия води до нарастване на необходимостта от по-интензивно търсене и усвояване на природни ресурси. Важна част от тях са стратегически минерали и метали. Сериозни изследвания на водещи световни организации и институции очертават до 2035 г. значителен дисбаланс между търсенето и предлагането на критични и стратегически суровини, който може да достигне до 50 %. Това налага засилване на дългосрочното визионерско ориентирано търсене на нови суровинни източници, включително извън нашата планета. Поради близостта си до Земята, основно значение като източник на извънземни ресурси има Луната, което естествено води до засилено внимание към нея. Този интерес е мотивиран от напредъка на космическите технологии, материалознанието, роботиката и други научни и технологични области, както и от високият потенциал на Луната като източник на ресурси.

През 2023 г. и България се присъедини към Споразуменията Артемида на НАСА, в което САЩ и международните им партньори декларират намерение за изграждане на устойчива инфраструктура на лунната повърхност под формата на базов лагер. През 2025 г. е сключен Меморандум за сътрудничество между Института за космически изследвания и технологии на Българска академия на науките (ИКИТ-БАН и DSEL (Deep Space Exploration Laboratory) от Китай.

Казаното дотук е част от мотивите, които дават основание темата на настоящата дисертация да се определи като актуална и в световен мащаб.

Цели и задачи на дисертационния труд

Изследването в докторската дисертация има за цел чрез използване на дистанционни хиперспектрални данни от апарата Moon Mineralogy Mapper (M³) да се направи картографиране и пространствен анализ на минерали и тежки метали в кратера Драйдън в басейна Аполо на обратната страна на Луната.

За постигането на тази цел дисертантът си е поставил 9 задачи, според мен адекватни.

Познаване на проблема

Дисертантът познава добре проблема, което става очевидно от цялостния прочит на дисертационния труд – като се почне от прегледа и анализа на досегашните изследвания и се стигне до творческото и адекватно използване на 219-те литературните източника.

Обща характеристика на дисертационния труд

Структурата на дисертационния труд е: Увод, 4 глави, Приложения, Благодарности и Използвана литература.

В Увода авторът обстойно разглежда актуалността на темата на дисертационния труд, спирайки се върху необходимостта от търсене на извънземни суровинни ресурси; обосновава Луната като най-подходящ за това обект, дава достатъчна информация за международните проекти и програми за изследване на Луната, както от държавни, така и от частни организации и компании. В Увода се разглеждат и минералният състав на лунните скали, историческото развитие и съвременното състояние на лунната картография, и по-специално на ударния кратер Драйдън. Разгледано е и българското участие в съвременни научни програми за изследване на Луната. В Увода са представени и целите и задачите.

В главата Материали и методи са изброени материалите, използваните програмни продукти и методите, включващи преглед на научна литература, геореферирание на данни, фотогеоложка интерпретация, топографско моделиране, морфостратиграфско картографиране и анализ на пространствени зависимости. Дисертантът приема 8 спектрални индекса като индикативни. Следват изготвяне на цветни карти на резултатите и класификация, определяне на пространствените граници и концентрационни градиенти, премахване на континиума в спектралните данни, извличане на спектрални криви и спектрално съпоставяне. За първичната обработка на данните е използвана координатна система Mean Earth/Polar Axis (ME) GCS_Moon_2000, дефинирана от Environmental Systems Research Institute (ESRI). Сателитните хиперспектрални данни са реферирани чрез инструмента Georeference from IGM. С цел оптимизация на работния обем от данни е извлечено подмножество от данни чрез изчертаване на район на интерес. Премахват се всички измервания, намиращи се извън работния диапазон на M^3 от данните на RELAB, след което файловете са преформатирани в съответствие със структурните изисквания на ENVI. От коригираните файлове е създадена спектрална библиотека с помощта на инструмента Spectral Library Builder в ENVI среда. Съдържанието на тази библиотека е експортирано във формат ASCII (American Standard Code for Information Interchange). Изготвената спектрална библиотека, съдържаща коригираните спектрални криви от RELAB е ресемплирана и адаптирана спрямо спектралните характеристики на M^3 .

Глава Резултати съдържа морфоложко описание на ударния кратер Драйдън и морфостратиграфската му карта с описания на отделните морфоложки единици. Анализирано е формирането на ударния кратер, описани са кратерния ръб, вътрешната стена, дъното на кратера, централния връх, терасите и свлачищата, и алохтонните отлагания. На базата на изчислени спектрални индекси за анортозит и пироксени е изготвена карта на пространственото разпространение на минерали и анортозит в кратера. Авторът подчертава, че използваните индекси са индикативни и не представляват директна количествена оценка за съдържанието на изследваните материали, тъй като всеки от тези индекси е изчислен индивидуално, като генерираните индексни растерни слоеве са обединени в RGB FCC композит, в който цветовете на каналите са разпределени в червен (R) канал – индекс за пироксени, зелен (G) канал – индекс за шпинели и син (B) канал – индекс за анортозит ($R=P_x$, $G=Sp$, $B=An$). Това разпределение позволява създаване на комбинирана визуализация на интензивността на поглъщане за съответните минерали. Получената карта на пространственото разпространение на минерали в кратера Драйдън разкрива различни цветови вариации, съответстващи на различни минерални състави. Отделните пиксели – червени, жълти, сини и зелено-цианови индикират различните абсорбционни особености и характеристики при различни дължини на електромагнитните вълни.

Получените резултати са сравнени със спектрална библиотека RELAB. Процедурата представлява извличане на COX на отделни пиксели от хиперспектралния куб на данните и тяхното съпоставяне със COX на референтни проби от спектрална библиотека RELAB, като изборът на пиксели е извършен въз основа на техните цветови стойности, представени в Картата на пространственото разпространение на минерали в кратера, а използваното цветово кодиране отразява характерни спектрални особености на минералите. Анализирани са 5 броя COX на пиксели и проби, с дадени координати на пикселите – колона и ред, а на пробите – с номерации. Направено е сравнение на COX на всеки отделен пиксел с референтна проба. Картографирането на пространственото разпространение и концентрация на тежки метали в кратера включва картографиране на концентрацията на железен оксид, титанов диоксид и хромит. Накрая е направена геолого-минераложка интерпретация на кратера Драйдън.

В глава Изводи, Заключение и приноси докторантът е формулирал обобщените научни изводи относно морфологията, морфостратиграфията, картографирането на пространственото разпространение и концентрация на тежки метали в кратера Драйдън. Направен е и изводът, че геологията на кратера Драйдън обосновава неговото класифициране като суперпозиционен сложен ударен кратер, получен в резултат на основния екзогенен геоложки процес формиращ лунната повърхност, а именно високоенергийното ударно образуване на кратери.

В Заключение се отбелязва, че изготвената морфостратиграфска карта позволява разграничаване на морфоложките единици на кратера Драйдън и последователността на образуването им. Тя осигурява пространствен контекст за съпоставяне с тематичните карти на разпространението на минерали и тежки метали, подпомагайки интерпретацията на генетичните връзки между морфологията и състава на кратера. Изготвените тематични карти на пространственото разпространение на минерали, анортозит и тежки метали разкриват минералната хетерогенност на кратера Драйдън. Те позволяват откриване на корелация между районите с висока концентрация на FeO и TiO₂, и районите с активни гравитационни процеси. Резултатите разкриват наличие на минерали с произход от дълбоките слоеве на лунната кора/горна мантия съдържащи Fe, Mg, Al, Ca, Si, Cr, Ti и др. Сложната морфология на кратера и минералната му хетерогенност са резултат от фракционна кристализация, ударна екскавация, ударно топене, еластично възстановяване и вертикално издигане, както и от денудация, включваща гравитационни и механични процеси, деградация и изветряне.

Цветните карти и графики се съдържат в Приложения Това създава неудобство при четенето на текста, но вероятно авторът е имал причина и мотив да ги отдели от текста.

Общото впечатление от дисертационния труд е добро.

Публикации

Дисертантът е представил общо 5 публикации – 3 бр. на кирилица и 2 бр. на латиница. На една от тях дисертантът е единствен автор, а останалите са в съавторство с научния му ръководител.

Няма данни за цитиране на публикациите.

Съвместни публикации

Нямам съвместни публикации с дисертанта, имам едно съвместно участие с него в проект и не съм свързано с него лице по смисъла на п. 1, т. 5 от Допълнителните разпоредби на ЗРАСРБ.

Автореферат

Авторефератът с обем 66 страници отразява правдиво съдържанието на дисертационния труд и дава достатъчно добра представа за него чрез големия брой цветните фигури. Именно на тях се дължи сравнително големият му обем.

Приноси

Дисертантът е представил 5 приноса, с които съм съгласен, приемам ги и ги определям като научно-приложни с мнение че биха могли да се формулират и редактират по-прецизно.

Дисертационният труд лично дело ли е на автора?

От цялостния анализ на материалите по дисертационния труд и анализа на публикациите може да се заключи, че той е лично дело на автора и няма данни за плагиатство.

Лични впечатления

Личните ми впечатление от докторанта Искрен Иванов, базирани на проведени с него изпити и докторантски курс, както и на рецензиране на негови публикации, са много добри.

Използване на резултатите от дисертационния труд

Получените резултати са добра предпоставка за участие на ИКИТ-БАН в различни европейски програми и проекти.

Забележи и препоръки

В предварителната си рецензия на семинара за обсъждане на дисертационния труд имах няколко забележки и препоръки, почти всички от които са взети предвид при окончателния му вариант. Голяма част от забележките и на други колеги, участници в семинара, също са взети предвид.

При предварителното обсъждане на дисертационния труд имаше забележка, че не фигурират български автори, въпреки че има публикации по темата. В окончателния вариант са добавени 2 публикации на докторанта и на научни му ръководител, както и 2 статии на английски език от наши колеги.

Странно е, че Цели и задачи на дисертационния труд се появяват едва на 42-ра страница.

Заключение

Оценката ми за представения дисертационен труд „Картографиране на тежки метали и минерали по спътникови спектрометрични данни в ударен лунен кратер в басейна Аполо“ е положителна, тъй като той е актуален, тематиката поне у нас е малко изследвана и има приносни елементи, като освен това отговаря на изискванията на ЗРАСРБ и на Правилника на БАН, поради което предлагам на уважаемите членове на Научното жури да се присъди на маг. Искрен Славев Иванов образователната и научна степен „Доктор“ в Област на висше образование 4. „Природни науки, математика и информатика“, Професионално направление 4.4. „Науки за Земята“, Научна специалност „Дистанционни изследвания на Земята и планетите“.

София,
10.11.2025

ВЯРНО С ОРИГИНАЛА



(проф. Г. Мардиросян)